中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）39(1)：55~64（1990）

溫室洋香瓜水耕之養分吸收研究[1]

沈 再 發　　許 淼 淼[2]

摘要　溫室洋香瓜（*Cucumis melo* L.）以浮根式水耕行減水量及吸收成分濃度之變化調查，結果顯示溫室洋香瓜之生育時期依養液之吸收量可分爲授粉前之營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期四個階段。養液之吸收量以果實肥大期最多，其次爲果實成熟期、授粉小果期，而以營養生長期最少。其硝酸態氮、磷、鉀、鈣、鎂的養分吸收濃度，春作分別爲13.98、4、5.33、7.26、3.98me/l，夏作分別爲15.09、4、7.35、6.59、4.26me/l。夏作較春作吸收較高濃度的硝酸態氮和鉀，而吸收較低濃度的鈣。生長期別的要素吸收濃度，則以授粉小果期最高，營養生長期最低。

溫室洋香瓜之土耕栽培，以田土與有機肥料混合爲床土。以灌水技術配合生育之階段，做爲養分吸收的調節手段。依日本之增井（1968）[3]等報告得知土耕栽培氮素之每日平均吸收速度，於授粉前之土壤 pF 低時逐漸增加，授粉後第10天果實正是肥大時期，提高土壤之 pF 是爲使氮素之吸收減少。因此，日本的溫室洋香瓜土耕栽培，其外觀、糖度等良好的品質者是依生育之階段調節其水分和養分的吸收。然而養液栽培由於根部經常與養液接觸，其養分之吸收可自由充分的供給，不容易調節生長發育，欲得到最高級品質的產品就較爲困難。

本試驗基於養液栽培觀點上，營養的調節及供給需要，調查其養分吸收的狀況，做爲將來生育控制之基礎，以溫室洋香瓜生育過程的水分與養分之吸收情形行調查。

溫室洋香瓜之養分吸收，山崎[12]就培養液管理觀點訂定其吸收之濃度。該組成濃度經鳳山熱帶園藝試驗分所以1985年秋作和1986年夏作行試驗，結果顯示無論秋作或夏作養分吸收略不同外，其生育期可分爲授粉前之營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期四個吸收階段[1]。爲瞭解各階段之吸收濃度，本試驗於春、夏兩季以各階段吸收之成分與消耗養液量行計算不同階段之消耗濃度，以供將來調節控制之參考。

材料與方法

一、供試品種：包括 Earl's 春系、Earl's 夏系和 B-502 等三品種。

二、培養液之肥料組成濃度：依日本山崎氏[12]之洋香瓜配方，其 NO_3-N、P、K、Ca、Mg 之濃度分別爲13、4、6、7、3me/l（表1）。微量要素之濃度依Hoagland and Arnon (1940)[5]標準，Fe-EDTA 以 3ppm 濃度，pH 爲 6.8, EC 則爲 2.0 mmho。

三、栽培方法：

1.於塑膠布溫室內設栽培床8個，每床長18公尺、寬80公分、床深20公分。以有孔萬能網爲浮媒

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1498 號。本研究承行政院農業委員會經費補助（76農建—8.1—糧—94（7））,特此申謝。

2.本所鳳山熱帶園藝試驗分所分所長和助理。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

表1. 供試肥料之組成

Table 1. Composition of the nutrient solution used for floating hydroponics in muskmelon

肥料鹽	me/l				
	N	P	K	Ca	Mg
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	7	—	—	7	—
KNO_3	6	—	6	—	—
$NH_4H_2PO_4$	1.3	4	—	—	—
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	—	—	—	—	3
微量要素 (ppm)	Fe : 3	Cu : 0.02			
	B : 0.5	Zn : 0.05			
	Mn : 0.5	Mo : 0.02			
pH 6.8					
EC 2.0 mmho/cm					

體（萬能網之網孔大小爲1.9×1.9mm），並配合保麗龍條墊於萬能網下做爲浮媒介質。於萬能網上再覆蓋吸水不織布（Spunbonded polyester, 2mm 厚）和尼龍布各一層。以水位控制器控制栽培床內水位，經常保持同樣養液量，總計爲11,558公升，並於高處設十噸容量之養液槽以相同濃度之培養液補充所消耗的養液量。另裝置等量交換泵浦二個（甲乙兩個），甲泵浦自單號栽培床抽水至雙號栽培床，使單號栽培床水位降低形成一空間，而雙號栽培床形成高水位。經由栽培床間之連通迴水管使成水平後，再由乙泵浦自雙號栽培床抽水至單號栽培床，同樣使雙號床降低水位形成一空間（圖1）。如此每日以四次交換，每次抽水15分鐘。

2.種子殺菌消毒後，於 30°C 恆溫箱催芽一天。種子發芽後隨即以 $3cm^3$ 海綿之中間切口處播種，並以稀薄之培養液（EC 0.6—0.8 mmho/cm）保持約1公分水位育苗約二週。苗長出2—3片本葉時，移植於保麗龍板的定植穴上。春作76年2月27日，夏作76年6月24日定植。每床種2行，株距爲1公尺。每床定植35株，全溫室計280株。定植後採單幹整枝方法，其植株以鍍鋅管支架和繩固定，使往上呈垂直生長。於12—15節留側枝使其開雌花，每株授粉三朵雌花。春作於4月1—8日授粉，夏作於7月20—21日授粉。授粉後除去其他側枝，頂芽於第24—25節行摘心。授粉後春作45—50天，夏作42—44天收穫果實。

四、測定培養液之酸鹼度和電導度（EC）之感應器（Sensor）裝置於栽培床培養液中，以電腦自動記錄，每週取培養液分析氮、磷、鉀、鈣、鎂等五種主要元素。硝酸態氮以酚硫酸比色法，鈣和鎂以原子吸光儀，鉀以焰光分析法，磷以鉬黃（ammonium vanadate molybdate）法測定。另養液消耗量的測定則以水位控制器，並以水錶之流量計每日記錄之。

結果與討論

一、生育方面：

本次試驗分春作與夏作，其品種別之收穫調查如表2。春作定植後約32—38日授粉，授粉後約45—50日收穫，夏作定植後28日授粉，授粉後僅42—44日就可收穫；果實之糖度、果重與栽培季節及品種有關；春作糖度較夏作高；果重則夏作較春作高。而品種上顯示無論春夏作，本省所育成之 B-502

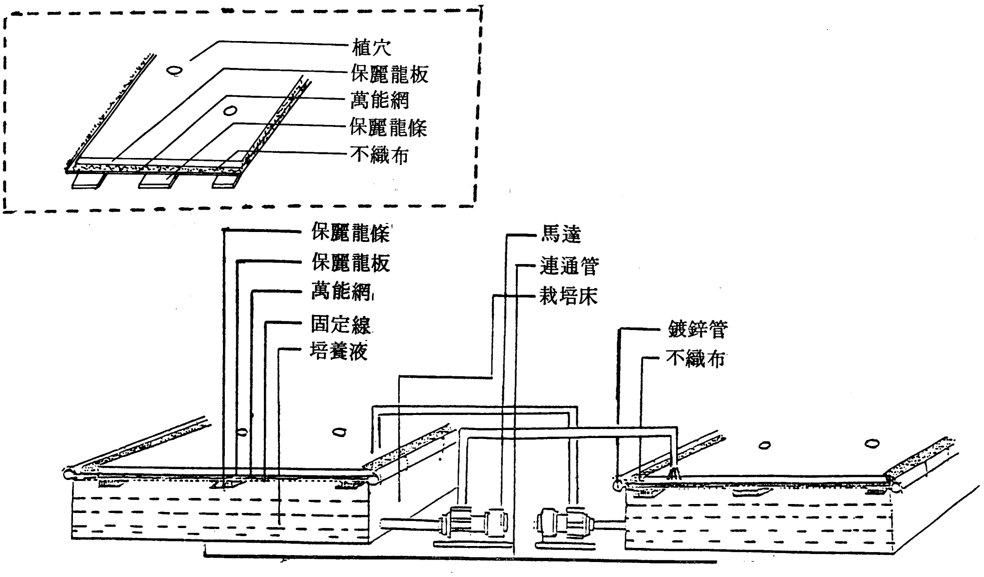

圖1．洋香瓜試驗用水耕裝置

Fig. 1. Diagram of hydroponics used in experiment.

較甜，其次爲 Earl's 夏系， Earl's 春系再次之。

表2. 溫室洋香瓜之生育收穫調查

Table 2. Investigation on growth and yield of muskmelon.

品種		授粉期	採收期	着果節位	果肉厚 (cm)	糖度 (Brix)	果重 (g)
春作	Earl's 春系	4/1—4/9	5/15—5/21	11.4	4.1	12.9	1,960
	Earl's 夏系	4/1—4/8	5/14—5/21	12.8	3.7	13.9	1,713
	B-502	4/1—4/7	5/15—5/21	12.4	3.9	17.3	1,607
夏作	Earl's 春系	7/21	9/1	11.8	3.7	10.1	2,090
	Earl's 夏系	7/20	8/30	9.8	3.1	12.4	1,840
	B-502	7/20	9/2	11.1	3.8	15.3	2,108

二、培養液之 EC 和 pH 及養液消耗量的變化：

栽培期間培養液之 pH 和 EC 之變化如圖 2。春作的 4 月 3 日和夏作的 7 月22日適爲授粉期間，其 EC 皆略爲下降，而後逐漸上升之趨勢，此由於授粉小果期之要素吸收濃度最高，而導致培養液 EC 降低之故。pH 則栽培初期漸爲下降，於着果後再略上升，果實肥大期又微降，成熟期再上升。pH 之下降可能爲養液中之陽離子吸收多或根部分泌有機酸增加所致。而夏作養液初期 pH 值超過 7，則是因原水中硬度偏高之故。

栽培期間平均養液之消耗量（包括吸收、蒸散和蒸發量）每日雖然依氣候條件而有異，但是無論春、夏作皆可依消耗量多少而分爲營養生長期、授粉小果期、果實肥大期與果實成熟期四個階段，如圖 3 和圖 4。消耗量以果實肥大期最多，其次爲果實成熟期，再次爲授粉小果期，而營養生長期最少

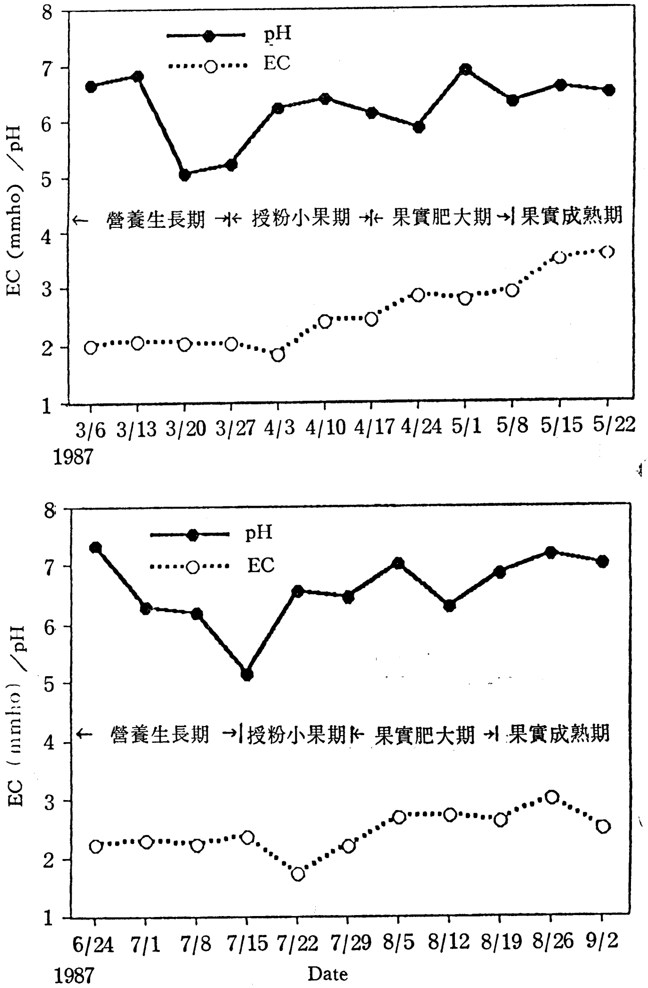

圖2. 春作和夏作溫室洋香瓜培養液之 pH 和 EC 變化 (1987)

Fig. 2. Changes of pH and EC (electrical conductivity) in the nutrient solution during the growing period of muskmelon in 1987.

。果實肥大期每株每日春作爲1.85公升，夏作高達2.46公升。其生育期間每株每日的平均消耗量夏作爲1.66公升，春作爲1.27公升（表 3）。

三、培養液中要素濃度與吸收濃度的變化：

春作和夏作依其生育階段別將培養液取樣分析主要要素之濃度變化示如表 4 和表 5。春作和夏作之硝酸態氮皆在營養生長期逐漸上升後，就逐漸下降；磷之濃度則較所供給之4me/l 爲低，可能與鈣結合成爲磷酸鈣沉澱，但生育期間皆未見有任何缺磷現象。鉀之濃度春作之前期皆無多大變化，於果實成熟期濃度增高；夏作則授粉小果期和果實肥大期濃度降低，果實成熟期濃度再提高。鈣之濃度變化則無論春、夏作皆隨生育時期而逐漸提高。鎂之濃度春作也隨生育階段而逐漸提高，夏作則變化小。

以表 4 和表 5 之培養液濃度變化與所消耗之養液量（表 3）來計算其生育期別的要素消耗濃度。其計算方法：

生育期別之要素消耗濃度（me/l）＝（栽培床要素之濃度×床內養液量 l ＋補充養液之要素濃度×生育期別補充養液量 l －床內剩餘養液之要素濃度×床內剩餘養 液量l）÷ 消耗養液量 l

如春季之營養生長期和授粉小果期之硝酸態氮消耗濃度計算爲：

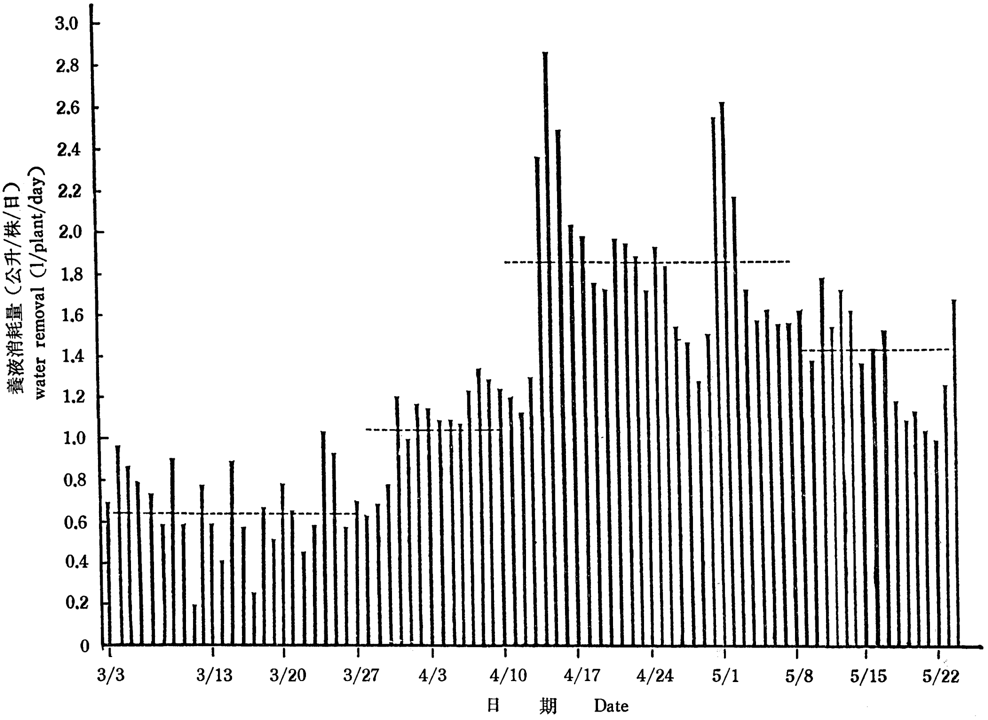

圖3. 春作洋香瓜養液消耗量之變化

Fig. 3. Water removal by muskmelon grown in spring (1987).

表3. 溫室洋香瓜生育期別養液消耗量的變化（公升）

Table 3. Water removal by greenhouse muskmelon at different growing stage (l)

		營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平 均
總 量	春 作	5,249	4,126	14,471	6,289	—
	夏 作	4,074	5,856	14,742	7,209	—
株／日	春 作	0.67	1.05	1.85	1.39	1.27
	夏 作	0.66	1.49	2.46	1.96	1.66

註：總量係每日由水位控制之水錶流量計之總和。每株每日之消耗量係依據實際栽培株數平均計算，如有蔓枯病等發生嚴重者，剪除之株數扣除。

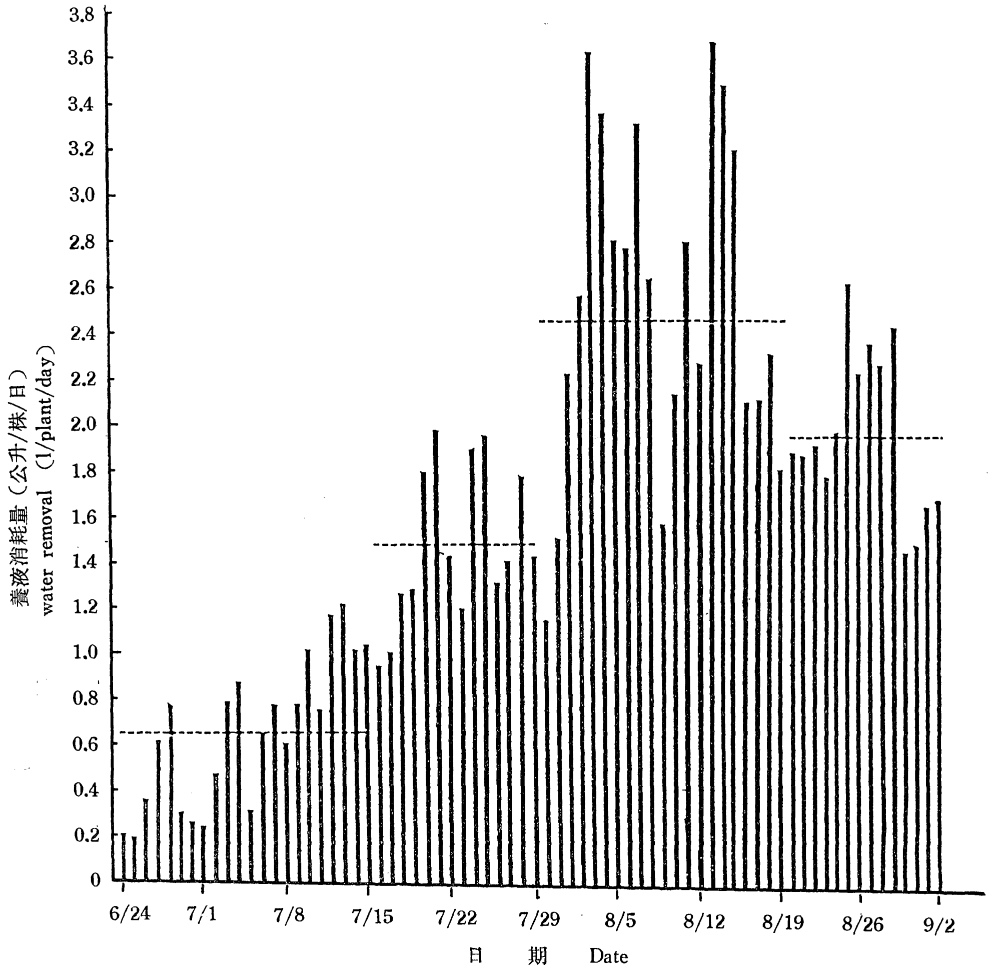

圖4. 夏作洋香瓜養液消耗量之變化

Fig. 4. Water removal by muskmelon grown in summer (1987).

表4. 春作溫室洋香瓜水耕生育期間養液中之要素濃度變化 (me/l)

Table 4. Changes of elemental concentrations in culture solution for muskmelon grown in spring, 1987 (me/l)

要素 \ 日期	3/3	營養生長期 3/27	授粉小果期 4/10	果實肥大期 5/8	果實成熟期 5/22
NO_3-N	14.30	17.40	16.20	16.30	15.10
P	0.70	0.20	0.10	0.20	0.24
K	6.97	7.00	6.97	9.44	11.13
Ca	9.90	11.60	11.80	15.80	16.60
Mg	5.00	6.00	6.40	7.20	7.60

表5. 夏作溫室洋香瓜水耕生育期間養液中之要素濃度變化 (me/l)

Table 5. Changes of elemental concentrations in culture solution for muskmelon grown in summer, 1987 (me/l)

要素＼日期	6/24	營養生長期	7/15	授粉小果期	7/29	果實肥大期	8/19	果實成熟期	9/2
NO_3-N	15.60		18.00		16.80		17.90		17.00
P	0.70		0.20		0.10		0.10		0.20
K	7.50		7.30		5.50		5.10		7.90
Ca	8.40		9.50		10.00		11.30		13.40
Mg	4.30		4.40		4.40		4.50		4.40

$(11,558\times14.3+5,249\times14.3-11,558\times17.4)\div5,249=17.47$ (me/l)

$(11,558\times17.4+4,126\times14.3-11,558\times16.2)\div4,126=17.66$ (me/l)

依此計算，其生育期別的消耗濃度列於表 6。其消耗濃度硝酸態氮以授粉小果期最高，其次爲果實成熟期、果實肥大期，以營養生長期最低。鉀於授粉小果期最高，後逐漸隨生育階段而降低。鈣也略有同樣趨勢。鎂則較少變化。季節別的差異上，夏作之硝酸態氮和鉀之吸收濃度比春作高。另值得注意的是春作鈣的平均吸收濃度比鉀濃度高，但是夏作時鉀比鈣爲高。

以生育期別之吸收濃度來計算該期消耗之養液量內所含之要素量如表 7。計算時以各栽培季節之生育期別的要素消耗濃度（表 4 及表 5），乘以各該生育期之每株每日之養液消耗量（表 3），並換算爲重量表示之，例如春作營養生長期（3 月 3 日—3 月27日）之硝酸態氮之每株每日吸收量爲：14 mg×7.47 (me/l)×0.67(l)=70.07mg=0.07g。其每株每日之要素吸收量也隨生育期別而不同；大致言之，以果實肥大期之要素吸收量最大，硝酸態氮之吸收量春作每日爲0.37公克，夏作達0.51公克，爲營養生長期之 5—6 倍。磷之濃度可能與部分鈣結合成 $Ca(H_2PO_4)_2$ 沉澱，因此其吸收濃度

表6. 溫室洋香瓜生育期別之要素消耗濃度的變化 (me/l)

Table 6. Elemental concentrations of water removal at different growing stages (me/l)

作別	成分	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平均
春作	NO_3-N	7.47	17.66	14.22	16.51	13.98
	P	—	—	—	—	4.00
	K	6.90	7.05	5.00	3.86	5.33
	Ca	6.16	9.34	6.71	8.43	7.26
	Mg	2.79	3.88	4.36	4.26	3.98
夏作	NO_3-N	8.79	17.97	14.74	17.04	15.09
	P	—	—	—	—	4.00
	K	7.87	9.05	5.41	3.41	7.35
	Ca	5.28	7.41	7.38	5.03	6.59
	Mg	4.02	4.3	4.22	4.46	4.26

表7. 溫室洋香瓜水耕生育期別養分之吸收量（公克／株／日）

Table 7. Removal of nutrients at different growing stages (g/plant/l)

作別	成分	營養生長期	授粉小果期	果實肥大期	果實成熟期	平均
春作	NO_3-N	0.07	0.26	0.37	0.32	0.25
	P	0.03	0.04	0.08	0.06	0.05
	K	0.18	0.29	0.36	0.21	0.26
	Ca	0.08	0.20	0.25	0.23	0.18
	Mg	0.02	0.05	0.10	0.07	0.06
夏作	NO_3-N	0.08	0.38	0.51	0.47	0.35
	P	0.03	0.06	0.10	0.08	0.07
	K	0.20	0.53	0.52	0.26	0.48
	Ca	0.07	0.22	0.36	0.20	0.22
	Mg	0.03	0.08	0.13	0.11	0.09

仍以所供給之 4me/l 計算，同樣以果實肥大期最高。鉀則於果實肥大期吸收量多，而果實成熟期吸收量減少。鈣也略與鉀相同趨勢，但是春作之果實成熟期吸收量仍相當大。

每株之要素吸收總量如表 8，其計算由每株每日之養液消耗量（表 3）乘以生育日數（春作爲83天，夏作爲71天），再乘以該栽培期之平均要素消耗濃度（表 6），後換算成重量（公克）表示之，例如硝酸態氮之每株吸收總量：

春作爲1.27(l)×83（日）×13.98（me/l)×14mg＝20,630.854mg＝20.6g。

夏作爲1.66(l)×71（日）×15.09（me/l)×14mg＝24,899.103mg＝24.9g。

可看出春作由養液消耗量硝酸態氮、磷、鉀、鈣、鎂分別爲20.6、4.34、21.9、15.3和5.0公克；夏作分別爲24.9、4.86、33.7、15.5和6.0公克。依此單株之養分與水分吸收量而言，由於水耕洋香瓜之根部於生育期間經常與養液接觸，所吸收之養分和水分均較土耕爲多，尤其是氮素之吸收量[7]。因此，栽培技術上爲提高品質，對於養分之吸收的限制研究是有所必要的。

溫室洋香瓜之養分吸收特性已有許多報告[1,4,6,7,8,9,10,11,12]。鳳山熱帶園藝試驗分所 1986 年以山崎洋香瓜配方行試作結果，無論秋作或夏作，其吸收曲線大致可分爲營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期四個階段[1]。而於授粉小果期要素之吸收量增强，使培養液濃度降低，並經證明該培養液大致可維持在平衡範圍內，但需要留意小果期培養液之 pH 下降問題。龍橋（1978）[6]以水耕調查溫室洋香瓜之養分吸收量指出：於授粉前逐漸提高，授粉時吸收增加，並繼續維持到授粉後15天才下降。該氏又指出於授粉期每株每日氮之吸收量高達0.5公克，每株之氮吸收總量超過20公克。本試驗經由養液消耗量，再確定溫室洋香瓜依生育階段之養分吸收量可分成營養生長期、授粉小果期、果實肥大期和果實成熟期。並經由養液分析計算出各生育期的要素消耗濃度。此養液消耗量以果實肥大期消耗最大，而要素消耗濃度則以授粉小果期最高，且作期別上夏作之氮、鉀肥吸收濃度提高。更值得注意的是春季鈣的吸收濃度比鉀爲高，但夏季時鉀濃度比鈣爲高，可見夏季鈣之吸收濃度降低，乃由於高液溫條件鈣之吸收和運輸降低所致。

小川、桔（1976）[2]於胡瓜試驗上指出溫度超過 20°C 以上時對鈣、鎂之吸收降低。山崎等（1974）[12]以番茄行不同晝夜溫度之養分吸收調查，發現於 22—27°C 高溫室栽培者比 14—24°C 低

表8. 溫室洋香瓜水耕要素之吸收總量（公克／株）

Table 8. Total removal nutrients of muskmelon grown by hydroponics (g/plant)

	NO_3-N	P	K	Ca	Mg (g/plant)	water (l)
春　作	20.6	4.34	21.9	15.3	5.0	105
夏　作	24.9	4.86	33.7	15.5	6.0	118

溫室栽培者植體鈣的含量較低，同時其吸收濃度也較低。沈等[1]行洋香瓜之作期別以同樣濃度培養液之成分變化調查，發現夏作較秋作之培養液中鈣濃度提高，於高液溫下鈣之吸收量較少。本次夏作與春作試驗又證實溫室洋香瓜在高液溫下鈣之吸收降低，而鎂並未受到影響的相同結果。

日本有名靜岡縣的溫室洋香瓜土耕的栽培技術上，其灌水大致可分五階段：第一、定植後多灌水，培養生長勢，即於授粉前使土壤 pF 降低。第二、於授粉時略減少灌水，使着果率提高。第三、選果後增加灌水量，使果實發育肥大。第四、果實的網紋形成期逐漸控制水分，使果實網紋形成均勻美觀。第五、收穫10天前行斷水處理以得到高品質。然而在養液栽培上，由於根是經常接觸於養液中，養分和水分可得到充分之吸收，因此以水分來控制其生育將有所困難。本試驗僅就養液栽培上其養分吸收的特性先行做基礎資料，俾供將來提高品質的養液栽培管理的控制參考。

參 考 文 獻

1.沈再發、許淼淼・1987・洋香瓜之水耕試驗，設施園藝研討會專集・P・95—108，臺灣省農業試驗所及中國園藝學會聯合編印。

2.小川章、橘昌司・1976・そ菜の根の機能に關する環境生理學的研究 II. 日本園藝學會研究發表要旨 51秋：192—193。

3.增井正夫、福島與七、久保島正威、板桓光彥、林德昌・1968・メロンの養分吸收に關する研究（第四報）、養分吸收過程について，日本園藝學會雜誌30：29—38。

4.糠谷明・1987・溫室メロン栽培の實際，農業および園藝62(1)：175—185。

5. Arnon, D. I., and D. R. Hoagland. 1940. Crop production in artificial culture solution with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil Sci. 60: 463-485.

6. Kagohashi, S., H. Isano, and M. Kageyama. 1978. Studies on the nutrition of muskmelon (*Cucumis melo L.*). I. Characteristics of nutrient uptake by muskmelon. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 47: 203-208.

7. Kagohashi, S., H. Kano, and M. Kageyama. 1981. Effects of controlling of nutrient uptake on the plant growth and the fruit qualities of muskmelons cultivated in autumn and spring. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50: 306-316.

8. Kano, H., S. Kagohashi, and M. Kageyama. 1981. Relationship between organ growth and nitrogen accumulation in muskmelon. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50: 317-325.

9. Masao, M., A. Nukaya, and A. Ishida. 1982. Effect of nitrogen form on growth of muskmelons. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50: 475-480.

10. Masui, M., Y, Fukushima, M. Toda, and K. Ezaki. 1960. Studies on the absorption of nutrient elements in muskmelon. II. On nitrogen, potassium, calcium and magnesium levels. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 29: 147-156.

11. Namioka, H. 1976. Kuntan as a substrate for soilless culture. IWOSC proceedings 4th international

congress on soilless culture, Netherland. 289-312.

12. Yamasaki, K., Y. Suzuki, and Y. Shinohara. 1976. Studies on water culture of several vegetables with special reference to control of nutrient solution and ratio of nutrient absorption per water consumption. Memoris of the Fac. Agri., Toyko Univ. of Education. 22 : 53-100.

Studies on Nutrient Uptake of Greenhouse Muskmelon (*Cucumis melo* L.) by Hydroponics

T. F. Sheen and M. M. Hsu

Summary

The experiment was conducted to study the quantity of water removal and concentration change of absorbed nutrient on the growth of greenhouse muskmelon by floating hydroponics. Based on the quantity of water removal, the development of greenhouse muskmelon can be divided into four stages, namely, vegetative growth stage, pollinated young fruit stage, fruit enlargement stage and fruit ripening stage. Quantity of water removal was recorded the highest in the fruit enlargement stage. The pollinated young fruit stage and the fruit ripening stage were in the second place and the vegetative growth stage was the lowest.

The concentration of uptaked NO_3-N, P, K, Ca and Mg were 13.98, 4, 5.33, 7.26 3.98 me/l and 15. 09, 4, 7.35, 6. 59, 4.26me/l, respectively, for both in spring and summer growing season. Summer crop uptaked higher concentration of NO_3-N and K than spring crop, but lower in Ca. The highest concentration of nutrient uptake was recorded in the pollinated young fruit stage and the lowest in the vegetative growth stage.

---

1. Contribution No. 1498 From the Taiwan Agricultural Research Institute.

2. This study was sponsored by a grant from Council of Agriculture, Executive Yuan.

3. Director and assistant, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI.